

Международный научно-технический журнал,
отражающий вопросы радиоэлектроники
и смежных областей науки и техники

**Том 76, номер 10,
2022**

УСІТЕХІ Р СОВРЕМЕННОЙ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

**Главный редактор
Александр Степанович
БУГАЕВ** – академик РАН

Редакционная коллегия

Заместители главного редактора:

Зюзин Алексей Владимирович – д.т.н., проф.,
Ярославское высшее военное училище ПВО (г. Ярославль, Россия)

Меркулов Владимир Иванович – д.т.н., проф., зам. ген. конструктора,
АО «Концерн «ВЕГА» (Москва, Россия)

Пирогов Юрий Андреевич – д.ф.-м.н., проф., МГУ им. В.М. Ломоносова
(Москва, Россия)

Басараб Михаил Алексеевич – д.ф.-м.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана
(Москва, Россия)

Борзов Андрей Борисович – д.т.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана (Москва, Россия)

Васильев Константин Константинович – д.т.н., проф., УлГУ (г. Ульяновск, Россия)

Верба Владимир Степанович – чл.-корр. РАН, ген. Конструктор – первый зам. ген. директора,
АО «Концерн «ВЕГА» (Москва, Россия)

Гуляев Юрий Васильевич – академик РАН, ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН (Москва, Россия)

Деклерке Нико – проф. (США-Франция)

Дмитриев Александр Сергеевич – д.ф.-м.н., проф., ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН
(Москва, Россия)

Есиков Олег Владимирович – д.т.н., проф., АО «ЦКБА» (г. Тула, Россия)

Коренной Александр Владимирович – д.т.н., проф., ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Россия)

Лавров Алексей Алексеевич – д.т.н., проф., ООО «БГ-Оптикс» (Москва, Россия)

Николаев Александр Иванович – д.т.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана
(Москва, Россия)

Перунов Юрий Митрофанович – д.т.н., проф., Институт динамики геосфер РАН (Москва, Россия)

Петров Александр Сергеевич – д.т.н., проф., АО «НПО Лавочкина» (Москва, Россия)

Потапов Александр Алексеевич – д.ф.-м.н., проф., ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН
(Москва, Россия)

Приоров Андрей Леонидович – д.т.н., проф., ЯрГУ им. П.Г. Демидова
(г. Ярославль, Россия)

Раевский Алексей Сергеевич – д.ф.-м.н., проф., НГТУ им. Р.Е. Алексеева (г. Н. Новгород, Россия)

Романов Алексей Александрович – д.т.н., проф., МФТИ (Москва, Россия)

Сучков Виктор Борисович – д.т.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана (Москва, Россия)

Татарский Борис Григорьевич – д.т.н., проф., АО «Концерн «ВЕГА» (Москва, Россия)

Терехин Олег Васильевич – к.т.н., доц., МАИ (НИУ) (Москва, Россия)

Чапурский Валерий Викторович – д.т.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана (Москва, Россия)

Черемисин Олег Павлович – д.т.н., МГТУ им. Н.Э. Баумана (Москва, Россия)

Черепенин Владимир Алексеевич – академик РАН, ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН
(Москва, Россия)

Чесноков Михаил Николаевич – д.т.н., проф., ООО «СТЦ» (Санкт-Петербург, Россия)

Шавров Владимир Григорьевич – д.ф.-м.н., проф., ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН
(Москва, Россия)

Шелухин Олег Иванович – д.т.н., проф., МТУСИ (Москва, Россия)

Содержание

Радиоэлектронные системы управления истребителей шестого поколения. Ч. 3. Иерархические уровни обработки информации и формирования управления. Направления развития Богачев А.С., Меркулов В.И., Загребельный И.Р.	5
Полимодельный комплекс предъявления требований к качеству сложной технической системы на различных этапах жизненного цикла Лисицкий В.В., Ворона С.Г., Мартынов А.М.	22
Математическая модель функциональной безотказности радиоэлектронных средств, учитывающая их прогнозируемое техническое состояние Масюков К.П., Коновалов Д.Ю.	29
Математическая модель перспективного генератора магнетронного типа в терагерцевом диапазоне частот Байбурин В.Б., Черепанов П.Д., Мещанов В.П., Комаров В.В., Балакин М.И.	39
Кватернионное дискретное преобразование Фурье вектора импульсов Советов В.М.	46
Оценивание навигационных параметров воздушного судна когерентным радиовысотомером с учетом ошибок спектральной обработки эхосигнала Буланов В.А., Мусаллам М., Испулов А.А., Трущинский А.Ю.	58
Компьютерное моделирование направленного ответвителя Ланге с максимально возможным перекрытием по частоте Кириллова М.Р., Раевская Ю.В., Редькина В.А., Рыжакова Т.С.	67

**Vol. 76, No. 10,
2022**

Achievements of Modern Radioelectronics / Uspekhi sovremennoj radioelektroniki

Scientific and technical journal about modern problems
of radioelectronics and neighboring areas of science and engineering

**Editor-in-Chief
Academician of RAS
Alexander S. Bugaev**

EDITORIAL BOARD

Deputy of Editor-in-Chief

**Merkulov Vladimir Ivanovich – Dr. Sc. (Eng.), Prof., Deputy General Designer,
JSC «Concern «Vega» (Moscow, Russia)**

**Pirogov Yuriy Andreevich – Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof., Lomonosov Moscow State
University (Moscow, Russia)**

**Zyzin Alexey Vladimirovich – Dr. Sc. (Eng.), Prof.,
Yaroslavl Higher Military School of Air Defense (Yaroslavl, Russia)**

Basarab Mikhail Alekseyevich – Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof., Bauman Moscow State Technical
University (Moscow, Russia)

Borзов Andreй Borisovich – Dr. Sc. (Eng.), Prof., Bauman Moscow State Technical University
(Moscow, Russia)

Chapursky Valery Viktorovich – Dr. Sc. (Eng.), Prof., Bauman Moscow State Technical University
(Moscow, Russia)

Cheremisin Oleg Pavlovich – Dr. Sc. (Eng.), Bauman Moscow State Technical University
(Moscow, Russia)

Cherepenin Vladimir Alekseyevich – academician of RAS, IRE n.a. V.A. Kotelnikov RAS
(Moscow, Russia)

Chesnokov Mikhail Nikolaevich – Dr. Sc. (Eng.), Prof., LTD «STC» (St. Petersburg, Russia)

Dederck Nicko – Prof. (USA-France)

Dmitriyev Alexander Sergeyevich – Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof., IRE n.a. V.A. Kotelnikov RAS
(Moscow, Russia)

Esikov Oleg Vladimirovich – Dr. Sc. (Eng.), Prof., JSC «CDBA» (Tula, Russia)

Gulyaev Yuriy Vasilyevich – Academician of RAS, IRE n.a. V.A. Kotelnikov RAS (Moscow, Russia)

Korennoy Alexander Vladimirovich – Dr. Sc. (Eng.), Prof., Air Force Military Training and
Research Center «Military and Air Academy n.a. prof. N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin»
(Voronezh, Russia)

Lavrov Alexey Alexeyevich – Dr. Sc. (Eng.), Prof., LTD «BG-Optics» (Moscow, Russia)

Nikolaev Alexander Ivanovich – Dr. Sc. (Eng.), Prof., Bauman Moscow State Technical University
(Moscow, Russia)

Perunov Yuriy Mitrofanovich – Dr. Sc. (Eng.), Prof., Institute of Dynamics of Geospheres RAS
(Moscow, Russia)

Petrov Alexander Sergeyevich – Dr. Sc. (Eng.), Prof., JSC «NPO Lavochkina» (Moscow, Russia)

Potapov Alexander Alekseyevich – Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof., IRE n.a. V.A. Kotelnikov RAS
(Moscow, Russia)

Priorov Andreй Leonidovich – Dr. Sc. (Eng.), Prof., Yaroslavl State University
(Yaroslavl, Russia)

Rayevsky Alexey Sergeyevich – Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof., NNSTU n.a. R.E. Alekseev
(N. Novgorod, Russia)

Romanov Alexey Alexandrovich – Dr. Sc. (Eng.), Prof., Moscow Institute of Physics
and Technology (Moscow, Russia)

Shavrov Vladimir Grigoryevich – Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof., IRE n.a. V.A. Kotelnikov RAS
(Moscow, Russia)

Shelukhin Oleg Ivanovich – Dr. Sc. (Eng.), Prof., MTUCI (Moscow, Russia)

Suchkov Viktor Borisovich – Dr. Sc. (Eng.), Prof., Bauman Moscow State Technical University
(Moscow, Russia)

Tatarskiy Boris Grigor'evich – Dr. Sc. (Eng.), Prof., JSC «Concern «Vega» (Moscow, Russia)

Terekhin Oleg Vasilevich – Ph. D. (Eng.), Assoc. Prof., Moscow Aviation Institute (National
Research University) (Moscow, Russia)

Vasilyev Konstantin Konstantinovich – Dr. Sc. (Eng.), Prof., UISU (Ulyanovsk, Russia)

Verba Vladimir Stepanovich – Corresponding Member of RAS, General Designer, First Deputy
General Director, JSC «Concern «Vega» (Moscow, Russia)

Contents

Radio-electronic control systems of sixth generation fighters.

Part 3. Hierarchical levels of information processing and control formation. Directions of development

Bogachev A.S., Merkulov V.I., Zagrebelnyi I.R.

19

Polymodel complex of presenting quality requirements to a complex technical system at various stages of the life cycle

Lisitsky V.V., Vorona S.G., Martynov A.M.

28

Mathematical model of functional reliability of avionics, taking into account their predicted technical condition

Masjukov K.P., Konovalov D.U.

38

Mathematical model of promising magnetron-type generator in the terahertz frequency range

Bayburin V.B., Cherepanov P.D., Meshchanov V.P., Komarov V.V., Balakin M.I.

45

Quaternion domain discrete Fourier transform of the pulses vector

Sovetov V.M.

56

Estimation of aircraft navigation parameters by a coherent radio altimeter taking into account errors in spectral processing of the echo signal

Bulanov V.A., Mussalam M., Ispulov A.A., Truschinsky A.Yu.

65

Computer simulation of the Lange directional coupler with maximum possible frequency overlap

Kirillova M.R., Raevskaya Yu.V., Redkina V.A., Ryzhakova T.S.

80



Журнал включен в перечень ВАК
Все статьи, представленные в данном выпуске журнала, соответствуют номенклатуре специальностей научных работников
(Приказ Минобрнауки РФ от 23.10.2017 № 1027).

Учредитель ООО Издательство Радиотехника. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-76520.

Подписано в печать 31.10.2022. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.

Печ.л. 10,25. Тираж 600 экз. Изд. № 22.

ООО «Издательство «Радиотехника»: 107031, Москва, К-31, Кузнецкий мост, д. 20/6. Тел./факс: +7(495)625-92-41.

107031, Russian Federation, Moscow, Kuznetsky Most, 20/6, tel./fax +7(495)625-92-41.

Http://www.radiotec.ru

E-mail: info@radiotec.ru

Дизайн и допечатная подготовка ООО «САЙНС-ПРЕСС».

Отпечатано с предоставленных готовых файлов в типографии ООО «Паблит».

127282, Москва, ул. Полярная, д. 31В, стр. 1. Тел.: (495) 230-20-52.

Заказ №

ISSN 2070-0784

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2022 г.

Незаконное тиражирование и перевод печатного материала, включенного в журнал, в электронном и любом другом виде запрещено и карается административной и уголовной ответственностью по закону РФ «Об авторском праве и смежных правах»